干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

doi:10.12118/j.issn.1000－6060.2019.02.11

近 15 a 陕西省植被时空变化与影响因素分析①

岳　辉，　刘　英
（西安科技大学测绘科学与技术学院，陕西　西安　710054）

摘　要：利用 2000—2014 年 MODIS/*NDVI* 时间序列数据，采用栅格像元趋势分析、稳定性评价的方法，研究了陕西省近 15 a 植被的时空变化特征和规律；利用 Hurst 指数对陕西省植被未来变化趋势进行了预测；并利用相关性分析法分析了 *NDVI* 与年均温度和降雨量的关系。结果表明：2000 年、2015 年陕西省 *NDVI* 均值分别为 0.427 3、0.494 2，15 a 来增加了 0.067，增长了 16.0%，其中陕北地区 *NDVI* 增加明显，关中部分地区出现负增长，陕南地区 *NDVI* 总体维持在较高水平。陕西省植被变化趋势具有明显的空间差异性，全省植被未变化的占 52%，改善部分占 44.27%，退化部分占 3.73%，说明 15 a 间陕西省植被状况有所改善，植被覆盖改善面积大于退化面积，其中陕北地区植被改善区域面积较大，关中地区植被覆盖面积有所减少，陕南地区植被变化幅度较小。陕西省植被稳定区域占 50% 以上（$0<Cv<0.1$），中等程度区域占 28%（$0.1<Cv<0.2$），不稳定区域不足 2%（$Cv>0.2$），说明 15 a 间陕西省植被较为稳定，变化程度不大；其中陕西省植被最稳定地区主要集中在陕南、延安南部，榆林部分、西安、渭南少部地区变化幅度较大。Hurst 指数分析表明陕西省 44.54% 面积的植被未来有可能面临退化，主要分布在陕北和关中地区的北部，植被未来有可能退化也有可能改善的面积占 49.78%，主要分布在延安和陕南地区。陕西省近 15 a 气温和降水量总体呈增加趋势，增加速率分别为 0.48 ℃·$(10\ a)^{-1}$ 和 69.5 mm·a^{-1}；相关性分析结果表明，年均降雨量是影响 *NDVI* 的主要气象因子，同时陕西省植被变化也受到了退耕还林还草、防沙治沙、生态政治等人为因素的影响。

关 键 词：植被；MODIS；*NDVI*；趋势分析；稳定性评价；Hurst；陕西省
文章编号：1000－6060(2019)02－0314－010(0314～0323)

植被是陆地生态系统中最重要的一部分[1]，作为影响人类生存的生物地球化学循环中的关键因子易受自然环境和人类活动影响[2－3]。植被覆盖的变化会影响当地生态平衡与环境质量，植被动态变化研究已成为国内外学者们的关注热点[4－5]。遥感作为重要的植被研究技术手段近年来发展迅速，主要集中在植物及土地覆盖类型的识别[6]、作物估产[7]、植被宏观监测[8]、生物量估算及生物物理参数反演[9]等方面。

陕西省位于我国西北内陆，北部跨黄土高原中部，水土流失、沙化等环境问题严峻。在人类活动和自然环境的演变下，陕西省植被覆盖情况也发生了改变。为此，近年来许多学者对植被变化进行了研究，并取得了一定的成果。秦超等[10]利用 2000—2012 年 SPOT-VGT *NDVI* 数据，通过差值及相关分析法，对陕西省植被覆盖特点及变化规律进行了研究，指出该区植被改善区域大于退化区域。李登科等[11]基于 2000—2013 年 MODIS *NDVI* 数据，运用混合像元分解模型计算植被覆盖度，评价陕西植被退化情况，结果表明关中城市群和陕北沙漠地带是植被退化的区域，陕西整体上植被呈增加趋势。刘英等[12]利用 MODIS *NDVI* 数据，采用最大值合成法和像元二分模型对陕西省 2000—2014 年植被覆盖度进行提取并分析其时空变化规律，指出陕西省 *NDVI* 呈波动上升趋势，其与年降水量呈显著正相关关系。张君等[13]基于 1982—2013 年 *NDVI* 数据和植被类型图，利用趋势分析和聚类分析方法分析了

① **收稿日期**：2018－08－07；　**修订日期**：2018－11－02
基金项目：国家自然科学基金项目(41401496)
作者简介：岳辉，男，讲师，博士，主要从事矿区生态修复和环境遥感研究. E-mail：13720559861@163.com
通讯作者：刘英，女，副教授，博士，主要从事矿区环境遥感研究. E-mail：liuying712100@163.com

32 a 间陕西植被覆盖状况,表明一年一熟粮作、耐寒经济作物及温带丛生禾草草原的植被覆盖改善程度最高。

本文利用 2000—2014 年的 MODIS *NDVI* 数据,基于栅格像元趋势分析、稳定性评价和 Hurst 指数预测的方法,分析陕西省植被时空变化特征及未来变化趋势,并探讨其变化原因,以期为保护和治理环境提供基础资料。

1　数据与方法

1.1　研究区概况

陕西省位于中国西北部,地处 105°29′~111°15′E 和 31°42′~39°35′N 之间,面积 20.58×10⁴ km²。地域南北长,东西窄,南北长约 880 km,东西宽约 160~490 km。陕西省年平均降水量 576.9 mm,年平均气温 13 ℃,无霜期 218 d 左右,属大陆季风性气候,由于南北延伸 800 km 以上,所跨纬度多,从而引起境内南北间气候的明显差异。长城沿线以北为温带干旱半干旱气候、陕北其余地区和关中平原为暖温带半湿润气候、陕南盆地为北亚热带湿润气候、山地大部为暖温带湿润气候。陕西省 2016 年 GDP 1.9×10^{12} 元,居全国第 15 位,常驻人口约 $3\ 812\times10^4$ 人。

1.2　数据及处理

利用 2000—2014 年美国地球资源观测科学中心提供的空间分辨率为 1 km 的陕西省 MODIS 植被指数产品(MOD13A3)、MODIS Terra + Aqua 三级土地覆盖类型年度全球 500 m 产品 MCD12Q1(http://modis-land.gsfc.nasa.gov/landcover.html),根据国际地圈生物圈计划(IGBP)分类标准,该数据集包含了 17 个主要土地覆盖类型,即 11 个自然植被类型、3 个土地开发和镶嵌的地类及 3 个非草木土地类型定义类。利用 MRT(MODIS Reprojection Tool)工具完成数据的投影转换、批处理等过程。从中国气象数据网下载陕西省境内 28 个气象站点的气象数据,借助 ArcGIS10.2 使用克里金差值法对获得的气象数据进行差值,得到气象因子的面状栅格数据。

1.3　研究方法

1.3.1　栅格像元趋势分析　栅格像元趋势分析可以模拟每个栅格单元的变化趋势,通过这种方法可以模拟出 *NDVI* 的变化趋势,进而分析植被覆盖的变化情况[14]。

$$Slope = \frac{n\times\sum_{i=1}^{n}(i\times NDVI_i) - \sum_{i=1}^{n} i\times\sum_{i=1}^{n} NDVI_i}{n\times\sum_{i=1}^{n} t_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} t_i)^2} \qquad (1)$$

式中:变量 i 为年合成影像按时间排列的序号;n 为样本数;$NDVI_i$ 为第 i 景影像的 *NDVI* 值;t_i 为第 i 景影像对应的时间,*Slope* 是 2000—2014 年 *NDVI* 的线性回归斜率,若 $Slope>0$,则说明该时期内 *NDVI* 呈上升趋势,植被覆盖有所改善,反之 *NDVI* 下降,植被覆盖情况恶化。

1.3.2　稳定性评价　年际 *NDVI* 的波动是植被受到干扰后在生产力和植被覆盖度上发生年际波动的重要体现,是植被群落健康状况的重要标志。波动值大说明植被群落受到干扰强度大,不稳定;波动值小说明植被群落状态稳定[15]。利用公式(2)和(3)计算 2000—2014 年 *NDVI* 的变异系数,以此来反映研究区域内不同像元上 15 a 来的植被相对波动程度。

$$S=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(NDVI_i-\overline{NDVI})^2}{n-1}} \qquad (2)$$

$$C_v=\frac{S}{\overline{NDVI}} \qquad (3)$$

式中:S 为 *NDVI* 指数的标准差,C_v 为变异系数,为全省 15 *a* 的 *NDVI* 平均值,i 值从 2000 年开始的第 i 年。

1.3.3　未来趋势预测　对植被未来变化趋势预测采用重标极差分析法,即通过分析时间序列样本的长程依赖性和自相关性得到赫斯特(Hurst)指数,用以描述时间序列未来变化趋势[16]。根据 Hurst 指数 H 值的不同,可分为:

(1) $H=0.5$,说明植被指数时间序列是随机变化的,相互之间不存在依赖关系,是完全独立的。

(2) $0.5<H<1$,说明植被指数时间序列具有持续性,H 值越接近于 1,持续性越强。未来植被指数的变化趋势与过去植被变化趋势一致,如果植被在过去呈增加趋势,则未来植被变化趋势也是增加的,反之亦然。

(3) $0<H<0.5$,说明植被指数时间序列具有反持续性,H 值越接近于 0,反持续性越强。未来植被指数变化趋势与过去植被变化趋势相反,如果植被过去呈减少趋势,则未来植被变化趋势是增加的,

反之亦然。

1.3.4 相关系数法 相关分析借助 Pearson 相关系数，来获得 *NDVI* 与年降水量和年平均气温的相关性大小。Pearson 相关系数计算公式为：

$$r = \left(n \times \sum X_i y_i - \sum X_i \sum y_i\right) \Big/ \left[\sqrt{n \times \sum X_i^2 - \left(\sum X_i\right)^2} \times \sqrt{n \times \sum {}^2 y_i - \left(\sum y_i\right)^2}\right] \qquad (4)$$

式中：r 为 Pearson 相关系数；X_i 为 *NDVI*；y_i 为气象因子。r 值的范围为[−1,1]，$|r|$ 等于 0 时表明两者无相关性；$|r|$ 越接近于 1 表明两者相关性越强；当 r 大于 0 时为正相关，且越接近于 1 正相关性越强，当 r 小于 0 时为负相关，且越接近于 −1 负相关性越强。

2 结果与分析

2.1 陕西省土地利用与 *NDVI* 空间分布特征

根据 IGBP 分类结果统计的陕西省土地利用情况，由图 1 可知 2002—2013 年陕北土地利用变化情况为从以草地为主，转变为农用地和草地混合，主要集中在榆林市中东部地区；关中地区则是大片农用地，中间分布城镇建设用地，变化不大；陕南地区则以森林灌木为主，陕南森林与灌木面积增加，农用地面积明显减少，汉中市、安康市仅在中部有小片农用地。

为进一步分析土地利用现状，将 IGBP 中的 16 类土地利用类型进行合并和聚类分析，将水和永久湿地合并为水/湿地，将常绿针叶林、常绿阔叶林、落叶针叶林、落叶阔叶林、混交林、稠密灌丛、稀疏灌丛合并为林地和灌丛，将木本热带稀疏草原、热带稀疏草原、草地和稀疏植被合并为草地，农用地和农用地/自然植被合并为农用地，城市和建筑用地保持不变。由图 2 可知，合并后的陕西省 2002 年土地利用情况为：陕北多分布为草地，关中地区农用地分布最多，陕南山区分布为林地和灌丛、并稀疏分布有农用地；林地和灌丛占 33.26%、草地占 36.26%、农用地占 29.58%。合并后陕西省 2013 年土地利用情况为：陕北多分布为草地和农用地，关中地区农用地分布最多，陕南山区分布为林地和灌丛，农用地分布减少；林地和灌丛占 42.07%、草地占 27.89%、农用地占 29.13%。需要说明的是 IGBP 的分类效果对城市和建筑用地以及水体/永久湿地的效果不明显，在 2002 年和 2013 年的两次分类对比中两种土地利用类型差别不大，这与实际情况不符，但是草地，农用地和林地/灌丛的分类情况能够反映土地利用的实际情况。

2.2 陕西省 *NDVI* 时空分布特征

由陕西省 2000—2014 年 *NDVI* 均值图 3a 可知，陕西省高 *NDVI* 的地区主要为陕南、宝鸡市大部分地区、延安市东南与西南部地区；关中地区及延安市中南部地区 *NDVI* 处于中等水平，城镇集中地区略低于其他地区；延安市北部、榆林全市 *NDVI* 整体偏低，其中延安市略高，而榆林市西北地区非常低。选取典型年份 2002、2007 年和 2014 年(图 3b ~ 3c)进行分析，整体而言陕西省植被覆盖状况呈增加趋势，*NDVI* 总体增大，其中陕北变化最明显，绝大部分地区的植被指数上升，但总体仍较低(*NDVI* < 0.4)；关中地区城镇集中，且城镇一直在加速发展，植被类型主要为农用地，受人类活动影响大，*NDVI* 增长较缓慢，部分地区出现负增长；陕南地区高 *NDVI* 的面积有明显增加，而且总体依旧维持在较高水平。

2.3 陕西省 *NDVI* 变化趋势分析

从陕西省植被 *NDVI* 变化趋势来看，有很强的空间差异，陕西省 *NDVI* 变化趋势线斜率在 −0.1 ~ 0.1 之间(图 4a)，而陕北西、西南部分地区不变或轻微退化，中、东部分地区明显改善，其余地区为轻微改善；关中地区轻微退化面积较大，主要集中在宝鸡中部、咸阳南部、西安大部、渭南中部，这些都是城镇主要集中地区，其余地区轻微改善。陕南大部分地区为轻微改善，但在汉中中部、安康南部、商洛东部有较大面积的轻微退化。全省大部分植被呈轻微改善的趋势(图 4b)，陕北地区植被明显改善面积较大，主要由于国家退耕还林还草、“三北”防护林工程草、生态恢复重建、和防沙治沙等政策的实施；关中地区人口集中，植被类型多为农作物，易受人类活动影响，随着人口数量的增加，城镇化建设，植被覆盖面积有所减少。陕南秦巴山地，植被种类丰富，数量大，且地形地貌复杂，受人类活动影响小，因而变化幅度小，主要在城镇集中地区有所减少。

全省植被未变化的占了 52%，轻微改善的占了 42.8%，轻微退化的占了 3.5%，中度改善的占了 1.46%，中度退化的占了0.15%，而严重退化和明

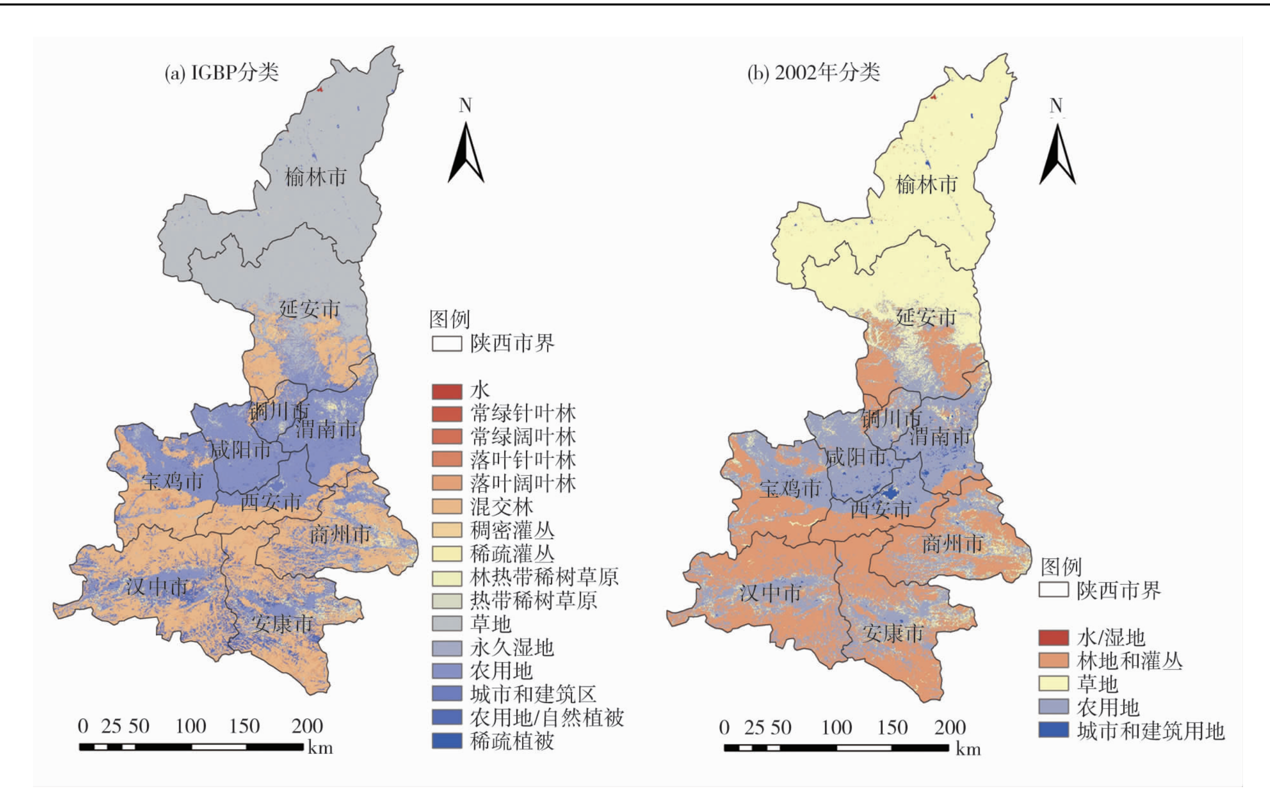


图 1　2002 年陕西省土地利用分类图

Fig. 1　Land cover of Shaanxi Province in 2002

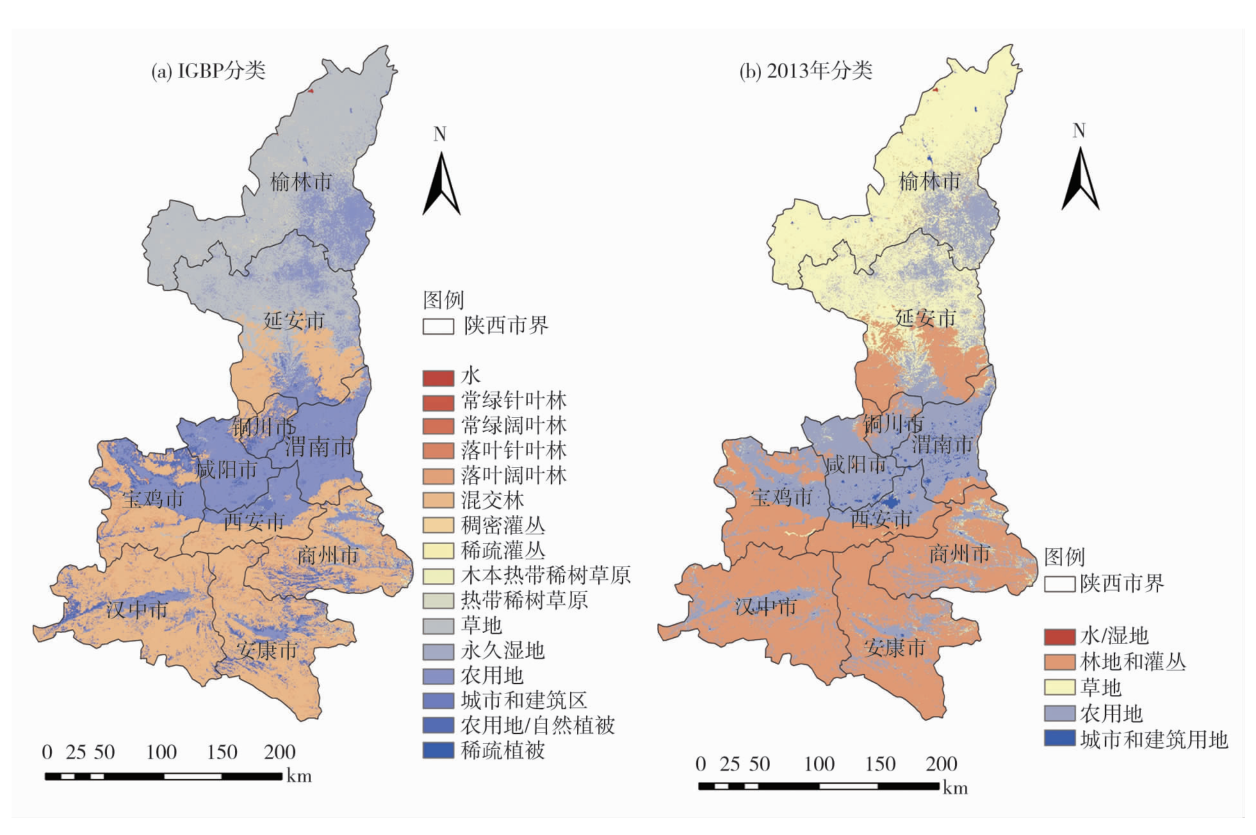


图 2　2013 年陕西省土地利用分类图

Fig. 2　Land cover of Shaanxi Province in 2013

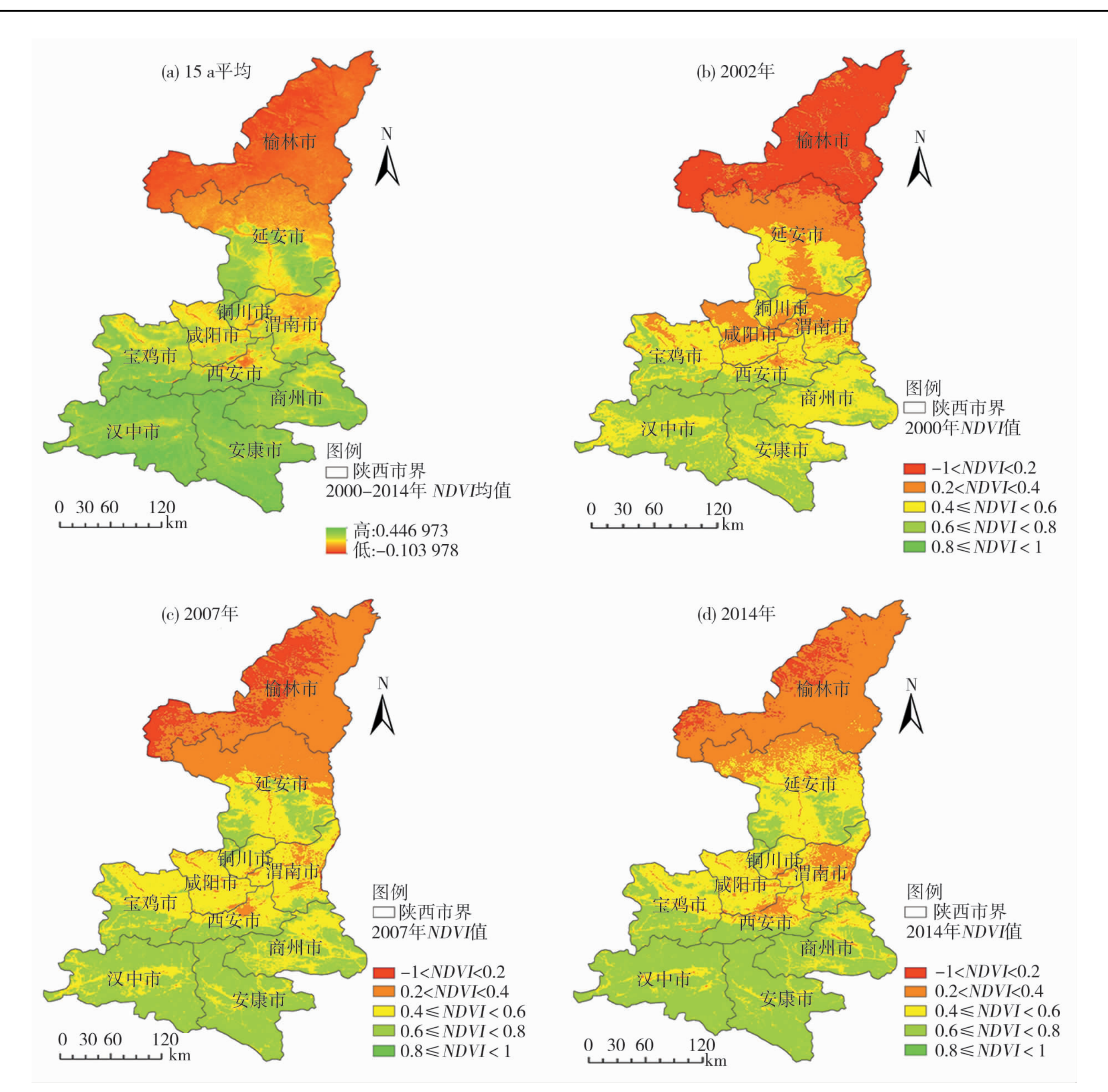


图 3　2000—2014 年陕西省 *NDVI* 均值空间分布

Fig. 3　Spatial pattern of average *NDVI* of vegetation in Shaanxi Province from 2000 – 2014

显改善所占比例均不超过 0.01%。说明 15 a 间陕西省植被覆盖情况改善,在向好的方向发展。

2.4　陕西省 *NDVI* 稳定性分析

计算得到陕西省 *NDVI* 变异系数(C_v),C_v 越大,说明越不稳定。全省变异系数范围在 0.004 ~ 4.475之间(图 5a),植被最稳定地区主要集中在陕南、延安南部,变异系数在 0 ~ 0.1 之间;西安城区部分、咸阳中部、渭南北部、延安北部、榆林绝大部分地区变化幅度中等,变异系数在 0.1 ~ 0.2 之间;榆林部分地区、西安、渭南少部地区变化幅度较大,变异系数在 0.2 ~ 1 之间;榆林北部一小片地区变化幅度很大,变异系数超过 1(图 5b)。全省植被稳定区域占 50% 以上,中等程度区域占 28%,不稳定区域不足 2%。说明 15 a 间陕西省植被较为稳定,变化程度不大。

2.5　陕西省 *NDVI* 变化预测

根据重标极差分析法的原理,利用 MATLAB 语言编程实现 Hurst 指数的逐像元空间计算。由图 6a 可知,总体上看,陕西省 Hurst 指数偏低,均值为 0.396;陕北地区 Hurst 指数较高,陕南和关中地区 Hurst 指数偏低。结合 15 a 来陕西省 *NDVI* 的变化趋势(图 6b)可得,改善与较弱反持续性区域主要分布在陕北和关中地区的北部,说明植被未来有可能退化,占44.54%;不变与较弱反持续性和不变与较

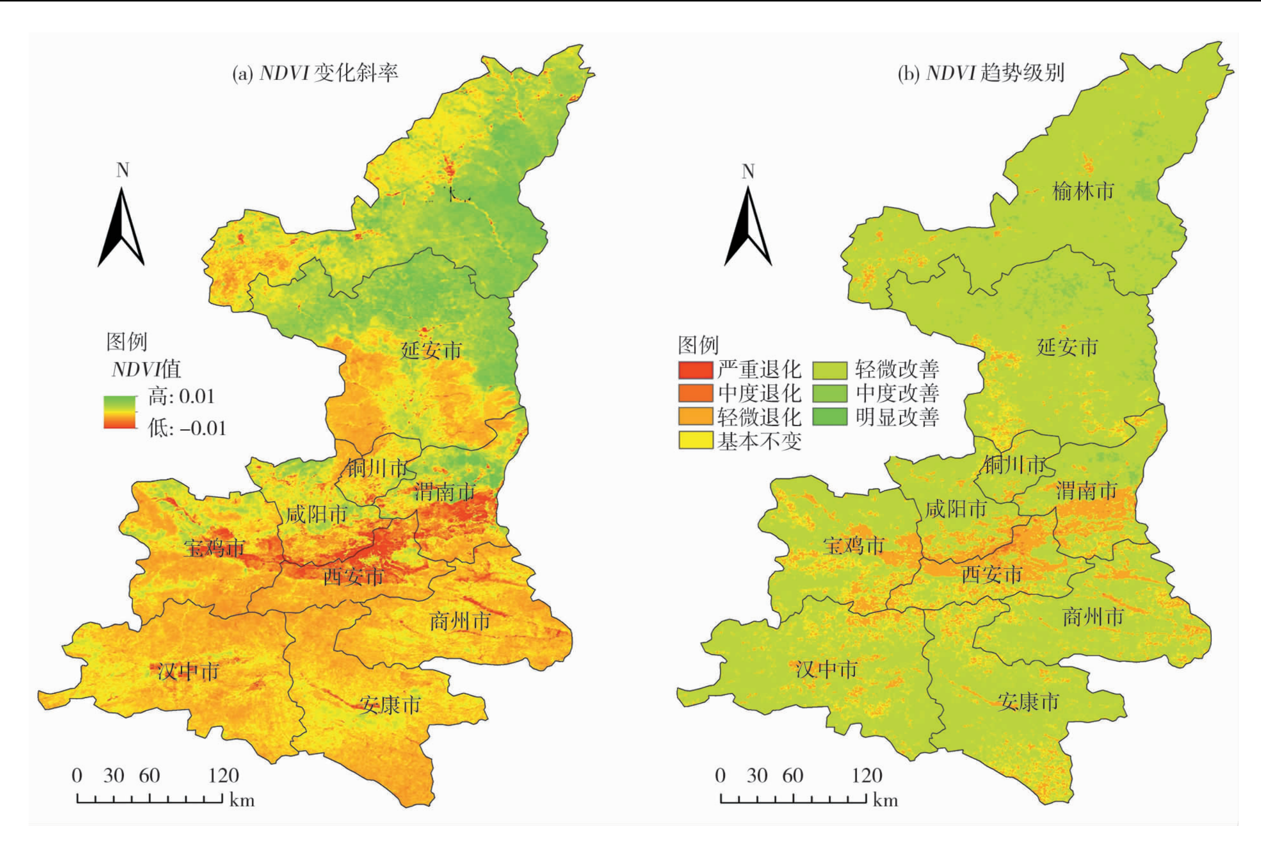


图 4　陕西省 ***NDVI*** 变化趋势图

Fig. 4　*NDVI* trend map of Shaanxi Province

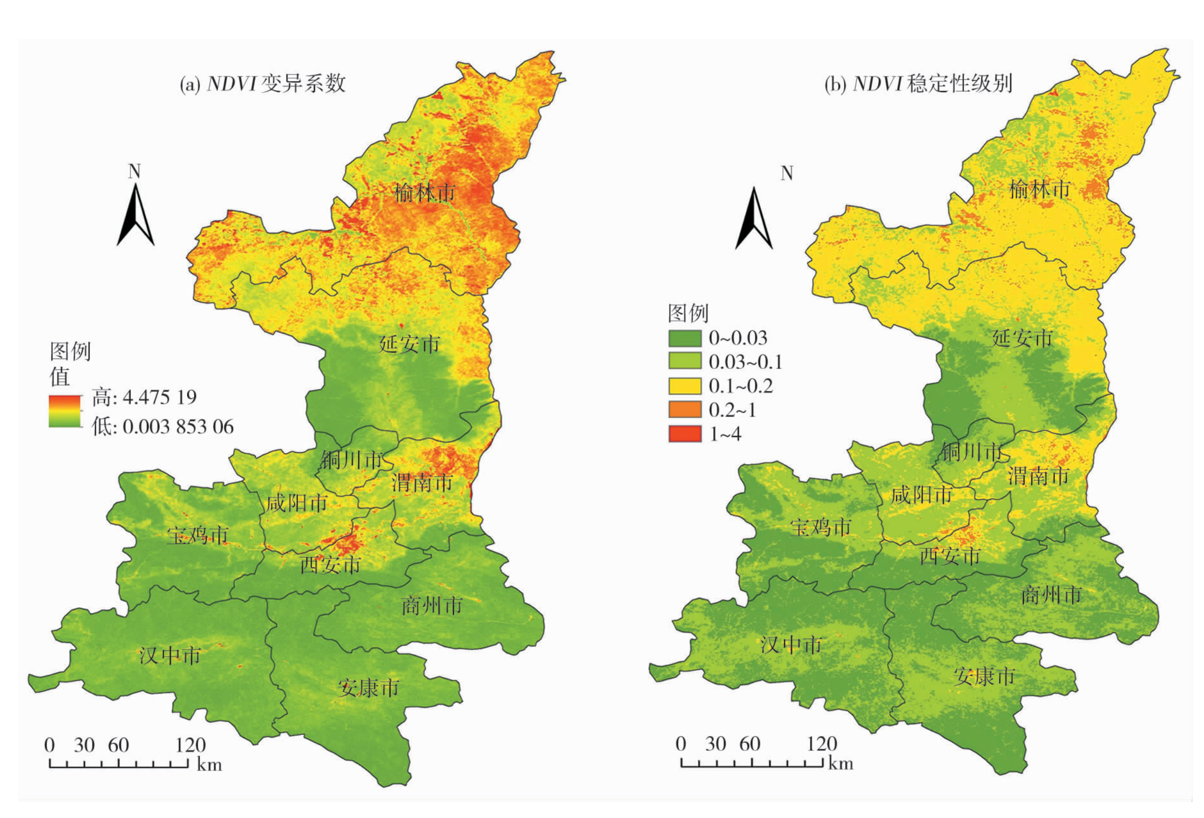


图 5　陕西省 *NDVI* 稳定性分析图

Fig. 5　Stability analysis diagram of Shaanxi *NDVI*

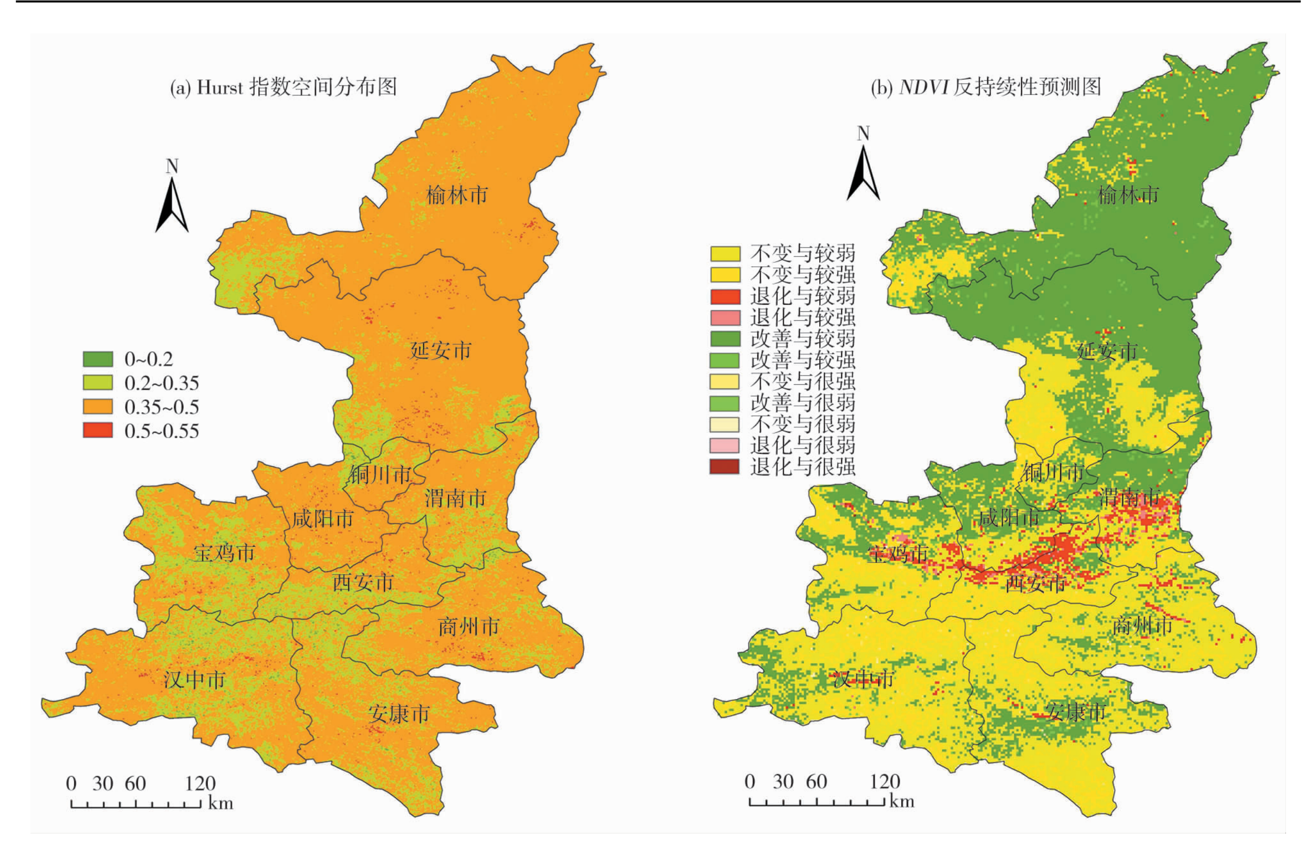


图 6　陕西 *NDVI* 变化预测图

Fig. 6　Shaanxi *NDVI* change forecast map in 15 a

强反持续性区域主要分布在延安和陕南地区，说明未来有可能退化也有可能改善，共占 49.78%；退化与较弱反持续性主要分布在关中地区和陕南零星地区，说明未来这些地区植被有改善的可能。

2.6　影响因素分析

由图 7a 可得，陕西省近 15 a 内平均气温也呈现上升趋势，上升速率为 0.48 ℃·(10 a)$^{-1}$。2000—2014 年间年平均气温变化与 *NDVI* 年变化大致相同，说明气温对植被产生一定的影响。由图 7b 可知，近 15 a 来，陕西省降雨量以 69.5 mm·a^{-1} 的速度增加($P<0.05$)。根据 *NDVI* 与年均气温的相关性分析可知(图 8a)，*NDVI* 与年均温存在正相关和负相关，负相关地区比重较大，占研究区面积的 65.7%，通过显著性检验面积不足 7.5 %，主要分布在榆林、延安及宝鸡和汉中西部地区，这些地区多以耕地为主，说明温度变化并不是陕西省植被变化的主要因素。根据 *NDVI* 与年均降雨量相关性分析可知(图 8b)，*NDVI* 与年均降雨量整体上呈正相关关系，占总面积比例为 75.9%，其中 16% 的面积通过了 $P<0.01$ 显著性检验，主要分布在陕北和汉中西部；呈负相关的区域主要分布在关中平原，说明主要受人工灌溉影响，受降雨量影响较弱。

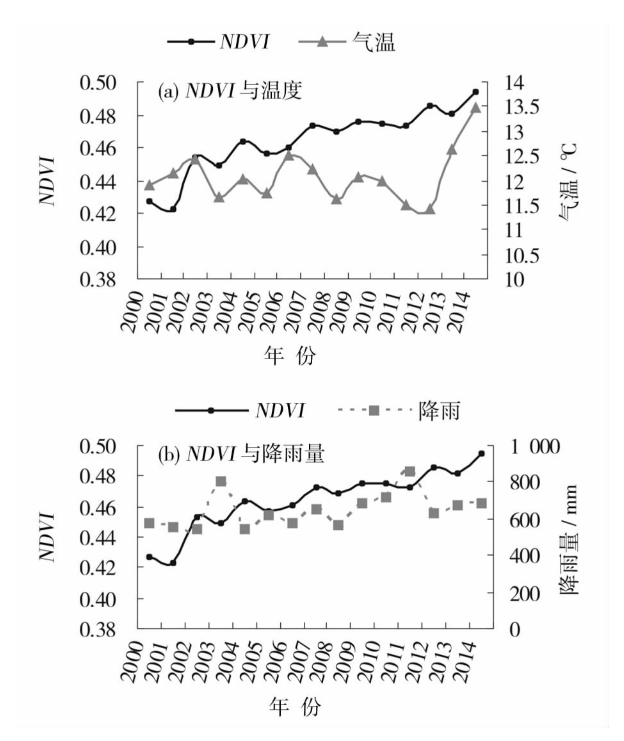


图 7　2000—2014 年陕西年平均 *NDVI* 与气候因子的年变化

Fig. 7　Annual variations of climate factors and annual average *NDVI* Shaanxi during the period of 2000－2014

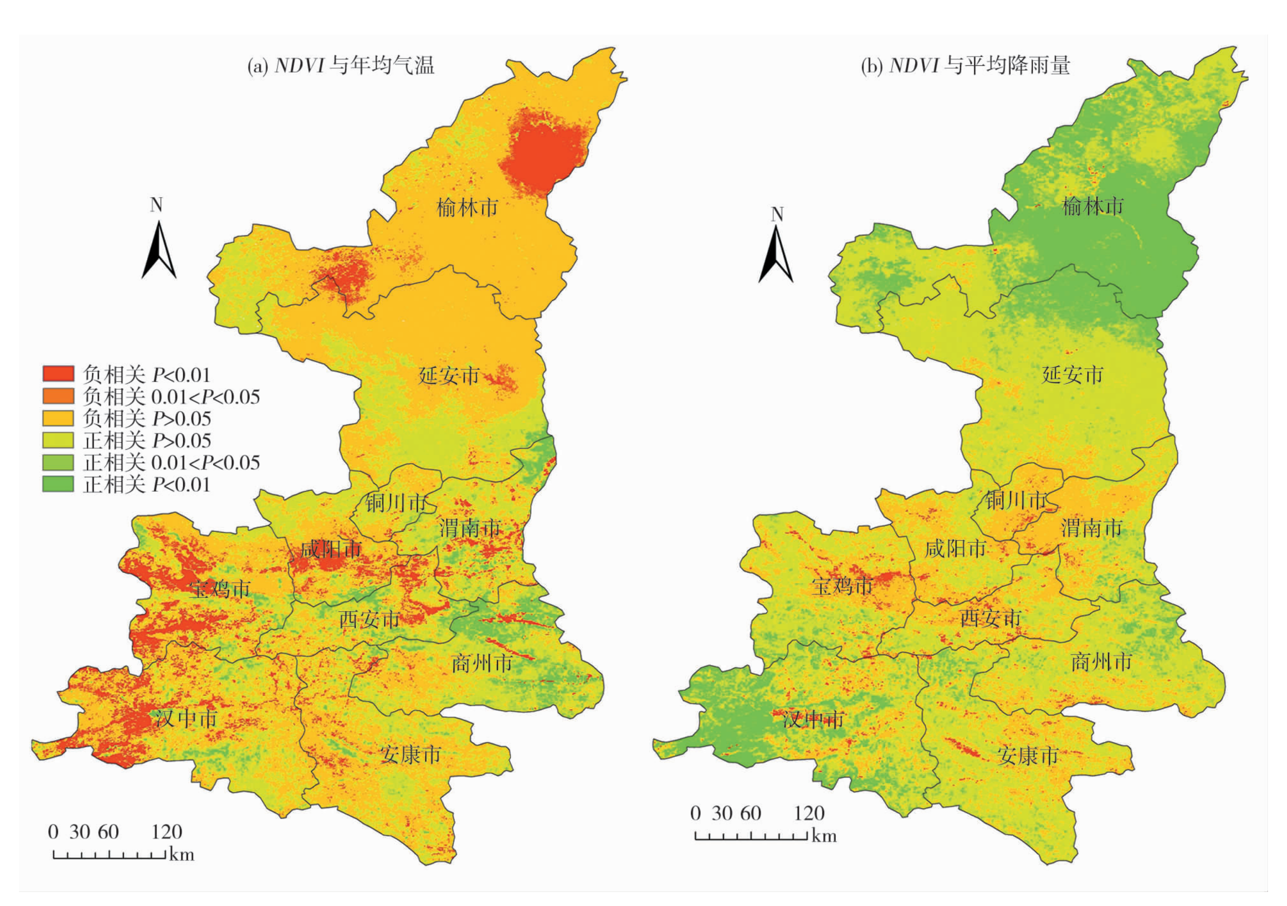


图 8　2000—2014 年陕西 *NDVI* 与气候因子的相关性

Fig. 8　Correlations among Shaanxi *NDVI* and climate factors in 15 a

3　结 论

(1) 15 a 间,陕西省植被 *NDVI* 均值由 2000 年的 0.427 3 增加到 2015 年的 0.494 2,15 a 来 *NDVI* 增加了 0.067,增长了 16.0%。陕北 *NDVI* 增加明显,但总体仍较低;关中地区 *NDVI* 增长较缓慢,部分地区出现负增长;陕南地区高 *NDVI* 的面积有明显增加,且依旧维持在较高水平。陕西省植被变化趋势具有明显的空间差异性,全省大部分植被呈轻微改善趋势,其中陕北地区明显改善面积较大,关中地区植被覆盖面积有所减少,陕南地区变化幅度小。

(2) 15 a 间,陕西省植被最稳定地区主要集中在陕南、延安南部,西安城区部分区域、咸阳中部、渭南北部、延安北部、榆林绝大部分地区变化幅度中等,榆林部分、西安、渭南少部地区变化幅度较大。Hurst 分析表明,陕西省 44.54% 面积的植被未来有可能面临退化的可能,主要分布在陕北和关中地区的北部,未来变化趋势不明确的面积占 49.78%,主要分布在延安和陕南地区。

(3) 年均气温、年均降雨量与 *NDVI* 相关性分析可知,年均降雨量与 *NDVI* 相关性的空间结构与 *NDVI* 变化的空间结构较为相似,说明年均降雨量是陕西省植被变化的主要影响因素,而年均气温不是主要影响因素。

为了防止陕北地区环境恶化,植被退化,应继续大力实施国家退耕还林还草、“三北”防护林工程、生态恢复重建、和防沙治沙等政策;关中地区建设用地扩大应有序进行,尽量减少对植被的破坏。

参考文献(References)

[1]　WANG Q,ZHANG B,DAI S P,et al. Dynamic changes in vegetation coverage in the Three-North Shelter Forest Program based on GIMMS AVHRR NDVI[J]. Resources Science,2011,33(8):1613－1620.

[2]　刘爽,宫鹏. 2000—2010 年中国地表植被绿度变化[J]. 科学通报,2012,57(16):1423－1434. [LIU Shuang,GONG Peng. Change of surface cover greenness in China between 2000 to 2010[J]. Chinese Science Bulletin,2012,57(16):1423－1434.]

[3]　AN Y Z,LIU C S,SHI R H,et al. Spatio-temporal analysis of the

vegetation changes based on MODIS time-series data in the Yangtze River Delta region[J]. Ecology and Environment Sciences, 2012,21(12):1923－1927.

[4] 张华,张改改,吴睿. 基于 GF－1 卫星数据的面向对象的民勤绿洲植被分类研究[J]. 干旱区地理,2017,40(4):831－838. [ZHANG Hua, ZHANG Gaigai, WU Rui. Object-based vegetable classification based on GF－1 imagery in Minqin Oasis[J]. Arid Land Geography,2017,40(4):831－838.]

[5] 李净,刘红兵,李龙,等. 基于多源遥感数据集的近 30 a 西北地区植被动态变化研究[J]. 干旱区地理,2016,39(2):387－394. [LI Jing, LIU Hongbing, LI Long, et al. Vegetation dynamic changes in northwest China based on multi-source remote sensing datasets in recent 30 years[J]. Arid Land Geography, 2016, 39(2):387－394]

[6] 宋开山,张柏,王宗明,等. 大豆叶绿素含量高光谱反演模型研究[J]. 农业工程学报,2006,22(8):16－21. [SONG Kaishan, ZHANG Bai, WANG Zongming, et al. Inverse model for estimating soybean chlorophyll concentration using in-situ collected canopy hyperspectral data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2006,22(8):16－21.]

[7] 徐新刚,王纪华,黄文江,等. 基于权重最优组合和多时相遥感的作物估产[J]. 农业工程学报,2009,25(9):137－142. [XU Xingang, WANG Jihua, HUANG Wenjiang, et al. Estimation of crop yield based on weight optimization combination and multi-temporal remote sensing data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2009,25(9):137－142.]

[8] 马磊,闫浩文,何毅,等. 2001—2015 年喜马拉雅南麓地区植被变化遥感监测[J]. 干旱区地理,2017,40(2):405－414. [MA Lei, YAN Haowen, HE Yi, et al. Vegetation changes in south Himalayas areas based on remote sensing monitoring during 2001－2015[J]. Arid Land Geography,2017,40(2):405－414.]

[9] 方秀琴,张万昌. 叶面积指数(LAI)的遥感定量方法综述[J]. 国土资源遥感,2003,15(3):58－62. [FANG Xiuqin, ZHANG Wanchang. The application of remotely sensed data to the estimation of the leaf area index[J]. Remote Sensing for Land and Recourses,2003,15(3):58－62.]

[10] 秦超,李君轶,陈宏飞,等. 陕西省植被覆盖时空演变特征及其与气候因子的关系[J]. 中国农业气象,2015,36(1):108－114. [QIN Chao, LI Junyi, CHEN Hongfei, et al. Temporal and spatial evolution of vegetation cover and its relationship with climate factors in Shaanxi Province[J]. Chinese Journal of Agrometeorology,2015,36(1):108－114.]

[11] 李登科,范建忠,权文婷. 陕西省植被退化及其驱动因素分析[J]. 生态学杂志,2015,34(10):2907－2913. [LI Dengke, FAN Jianzhong, QUAN Wenting. Analysis of vegetation degradation and its driving factors in Shaanxi Province[J]. Chinese Journal of Ecology,2015,34(10):2907－2913.]

[12] 刘英,侯恩科,岳辉. 基于 MODIS 的陕西省植被变化遥感监测分析[J]. 人民黄河,2017,39(3):90－94. [LIU Ying, HOU Enke, YUE Hui. Remote sensing monitoring of vegetation changes in Shaanxi Based on MODIS[J]. Yellow River,2017,39(3):90－94.]

[13] 张君,延军平. 1982—2013 年陕西不同植被类型 NDVI 变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(4):86－92. [ZHANG Jun, YAN Junping. Characteristics of NDVI changes under the different vegetation types in Shaanxi Province from 1982 to 2013[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2017, 31(4):86－92.]

[14] STOW D, PETERSEN A, HOPE A, et al. Greenness trends of Arctic tundra vegetation in the 1990s: Comparison of two NDVI datasets from NOAA AVHRR system[J]. International Journal of Remote Sensing,2007,28(21):4807－4822.

[15] 侯美亭,赵海燕,王筝,等. 基于卫星遥感的植被 NDVI 对气候变化响应的研究进展[J]. 气候与环境研究,2013,18(3):353－364. [HOU Meiting, ZHAO Haiyang, WANG Zheng, et al. Vegetation responses to climate change by using the satellite-derived normalized difference vegetation index: A review[J]. Climatic and Environmental Research,2013,18(3):353－364.]

[16] 王桂钢,周可法,孙莉,等. 近 10 a 新疆地区植被动态与 R/S 分析[J]. 遥感技术与应用,2010,25(1):84－90. [WANG Guigang, ZHOU Kefa, SUN Li, et al. Study on the vegetation dynamic change and R/S analysis in the past Ten Years in Xinjiang[J]. Remote Sensing Technology and Application,2010,25(1):84－90.]

Vegetation spatiotemporal variation and its driving factors of Shaanxi Province in recent 15 years

YUE Hui, Liu Ying

(*College of Geomatics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an* 710054, *Shaanxi, China*)

Abstract: Based on *NDVI* from MODIS during the time period from 2000 to 2014, the spatial and temporal variation of vegetation in Shaanxi Province, China was analyzed using the methods of raster pixel trend analysis and stability evaluation. The vegetation change trends in the future were forecasted by R/S (Rescaled range analysis) method in Shaanxi Province. The correlation analysis was applied between annual temperature, precipitation and *NDVI* in Shaanxi Province. The results showed that the mean values of *NDVI* in 2000 and 2014 were 0.427 3 and 0.494 2, respectively, which indicated an *NDVI* increase of 0.067, or 16% equivalently. The *NDVI* was increased significantly in northern region of Shaanxi and there was a negative growth in some parts of Guanzhong area, while the *NDVI* in southern region of Shaanxi was still maintained at a higher level and changed a little. The vegetation variation in Shaanxi Province has obvious spatial regularity. The areas with vegetation of little change accounted for 52.0% in the whole province, while the areas with improved vegetation coverage accounted for 44.27%, and the areas where the vegetation was degraded accounted for 3.73%. It explained that the overall vegetation coverage in Shaanxi Province was improved in the past 15 years. The stability region of vegetation in Shaanxi Province accounted for more than 50% and the *Cv* value was between 0 and 0.1. The moderate area of vegetation accounted for 28% and the *Cv* value was between 0.1 and 0.2. The unstable area of vegetation in Shaanxi Province was less than 2% and the *Cv* value was greater than 0.2. It shows that vegetation condition was relatively stable in Shanxi Province in the past 15 years. The vegetation status was most stable in southern area of Shaanxi Province, southern area of Yan'an City while vegetation status varied greatly in some part of Yulin City, Xi'an City and the southern part of Weinan City. The analysis of Hurst index showed that 44.54% area of vegetation in Shaanxi Province may face degradation of vegetation in the future. It is possibly distributed mainly in the northern area and the Guanzhong area. 49.78% area of vegetation in Shaanxi Province may face improving or degrading in the future which is mainly distributed in Yan'an City and southern area of Shaanxi Province. The annual temperature and precipitation showed an increasing trend in Shaanxi Province in the past 15 years and the increasing rates were 0.48 ℃ · $(10\ a)^{-1}$ and 69.5 mm · a^{-1} respectively. The correlation analysis results showed that the annual precipitation was the main meteorological factors affecting the *NDVI*. The changes of vegetation in Shanxi Province had also been influenced by artificial factors such as the project of returning farmland to forest and grass, sand prevention and ecological politics.

Key words: vegetation; MODIS; *NDVI*; trend analysis; stability evaluation; Hurst; Shaanxi